

M. Straub. Ueberreicht vom Verfasser.

Über monokulares körperliches Sehen nebst Beschreibung eines als monokulares Stereoskop benutzten Stroboskopes.



Von

M. Straub.

Sonder-Abdruck aus der

Zeitschrift für Psychologie
und
Physiologie der Sinnesorgane
herausgegeben von
H. Ebbinghaus und W. A. Nagel.
Bd. 36.

Leipzig,
Johann Ambrosius Barth.
1904.

Sonderabdruck aus
„Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane".
Bd. 36.
Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.



Über monokulares körperliches Sehen nebst Beschreibung eines als monokulares Stereoskop benutzten Stroboskopes.

Von

Prof. Dr. M. Straub, Amsterdam.

Abgesehen von den bekannten Hilfsmitteln zur Erzeugung der Tiefenwahrnehmung, vermag sich unser Sehorgan letztere auf doppeltem Wege direkt zu verschaffen: durch Verschmelzung der ungleichen Bilder, welche bei der simultanen binokularen Betrachtung entstehen und derjenigen, die man bei monokularer Betrachtung nacheinander erhält, wenn das beobachtende Auge bewegt oder der betrachtete Körper verschoben wird.

Dem letzteren Weg, der Verwertung der sogenannten parallaktischen Verschiebung, mifst man, glaube ich, allgemein eine viel geringere Bedeutung zu als der binokularen Betrachtung. So sagt z. B. Wundt[1], dafs beim monokularen Sehen die unmittelbare Sicherheit fehlt, welche der binokulare Anblick gewährt. Ich meinte selber, durch die Parallaxis stelle man die Diagnose auf einen Tiefenunterschied, mit zwei Augen sehe man diesen. Als ich vor einigen Jahren im Augenspiegelkurse die Erkennung der Niveauunterschiede des Augengrundes mittels der Parallaxe demonstrierte, sah ich zu meinem Erstaunen plötzlich den trichterförmigen Sehnerven des ophthalmoskopierten Kaninchens körperlich ebenso „unmittelbar", wie man es mit dem vollkommensten binokularen Augenspiegel nur hätte wünschen können. Einmal darauf aufmerksam geworden, gelang es mir durch weitere Übung bald auch beim Menschen, wo die Niveauunterschiede weniger stark und gewöhnlich auch weniger schroff sind, eine unmittelbare körperliche Anschauung durch die Parallaxe zu gewinnen, wenn

[1] Wundt, Physiologische Psychologie.

nur die Pupille mäfsig erweitert (Mydrine) und die Beleuchtung gut war (AUER-Licht). Um von der echten monokularen Stereoskopie auch diejenigen, die mit der Ophthalmoskopie nicht besonders vertraut sind, zu überzeugen, habe ich nach einer anderen Methode zur Demonstration der Erscheinung gesucht und eine solche gefunden in der Zuhilfenahme stereoskopisch gezeichneter Figuren für das Stroboskop. Der Beobachter sieht die Stereoskopbilder monokular nacheinander und verschmilzt sie zu einer vollkommenen stereoskopischen Vorstellung. Meine Erfahrungen mit diesem zum monokularen Stereoskop gewordenen Stroboskop haben mich dann noch weiter in der Überzeugung, die sich nach den ersten Beobachtungen beim Augenspiegeln zu bilden anfing, bestärkt, dafs es keinen prinzipiellen Unterschied gibt zwischen dem monokularen und dem binokularen Tiefsehen, nämlich was die Tiefen u n t e r s c h i e d e betrifft. In beiden Fällen wird die Parallaxe zur Erzeugung der Tiefenvorstellung benutzt. In beiden Fällen werden (simultane oder sukzessive) Doppelbilder in Tiefenunterschiede übersetzt, in beiden Fällen ist die Tiefenvorstellung ein Schlufs.

Diese Einleitung möge genügen, um zu zeigen, dafs das Studium der monokularen Stereoskopie von grofser Wichtigkeit ist für die Theorie des Sehens überhaupt und besonders für die Kritik der Theorien des zweiäugigen Sehens. Bevor ich zur näheren Erörterung der beiden von mir studierten Arten der monokularen Stereoskopie übergehe, habe ich noch einige Worte über eine hier gehörige Erscheinung zu sagen, die in der letzten Zeit die Aufmerksamkeit von neuem auf sich gezogen hat, nämlich die scheinbare Parallaxe bei der Betrachtung der Anaglyphen. Wenn der Beobachter die beiden Stereoskopbilder zu einer körperlichen Vorstellung vereinigt hat und jetzt den Kopf hin und her bewegt, so sieht er eine scheinbare gegenseitige Verschiebung der Objekte, die der Vorstellung nach in verschiedener Entfernung liegen. Es bildet sich schon eine Literatur über die Erklärung dieser Erscheinung.[1] Die Anhänger der „nativistischen"

[1] DUCOS DU HAURON, Anaglyphes. Cliché Bonnamy 43 rue du Bac Paris. Plastische Weltbilder. Deutscher Verlag, Berlin. — HEINE, Scheinbewegung in Stereoskopbildern. *Klin. Monatsbl. f. Augenh.* 40, 1902. — BEST, Über Projektion stereoskopischer Photographien und über stereoskopische Scheinbewegung. *Klin. Monatsbl. f. Augenh.* 41, 1903. — WEINHOLD, Zur Erklärung der paradoxen parallaktischen Verschiebung der Stereographenbilder. *Arch. f. Ophth.* 58, 1. 1904.

Erklärungsweise des Sehens versuchen Schlüsse und zwar besonders die nicht angesehenen unbewufsten Schlüsse aus der Erklärung fern zu halten. Doch scheint mir die Annahme solcher unvermeidlich. Die Parallaxe, welche wirkliche Gegenstände bei der vorgenommenen Kopfbewegung zeigen müssen, fehlt in dem unächten, optisch vorgetäuschten Bilde. Es bleibt dem Beobachter, will er seine körperliche Vorstellung behalten, nur übrig, anzunehmen, dafs die Gegenstände eine die erwartete Scheinbewegung kompensierende Bewegung in entgegengesetzter Richtung ausführen. Ich betone, auf weiteres nicht eingehend, den Ausdruck „erwartete Scheinbewegung". Er will besagen, dafs uns im täglichen Leben die Parallaxe nicht entgeht, wenn sie uns auch nicht zum Bewufstsein kommt. Sobald die Parallaxe fehlt, fällt uns dies auf. Ich glaube, dafs wir der Parallaxe deshalb nicht bewufst werden, weil sie sofort zur Bildung stereoskopischer Vorstellungen benutzt wird. Wenn wir auf der Strafse gehen, fliegen die seitlich, indirekt gesehenen Gegenstände mit verschiedener Schnelligkeit zurück. Unter der Schwelle des Bewufstseins wird die dadurch entstandene Verschiebung als Entfernungsunterschied verwertet.

Im Hauptteil dieser Arbeit wird die monokulare Stereoskopie mittels Parallaxe unter nur ausnahmsweise vorhandenen Bedingungen untersucht. Meine Absicht ist aber, zu beweisen, dafs die Parallaxe ganz allgemein beim Sehakt diesem Zwecke dient. Diese Verallgemeinerung erstreckt sich nach zwei Richtungen: Erstens spielt die Parallaxe auch für das Binokularsehen eine Rolle, zweitens gilt die Bedeutung der monokularen Parallaxe für die Tiefenlokalisation seitlicher und entfernter Gegenstände allgemein, nicht nur ausnahmsweise. Die Scheinbewegung der Anaglyphen wurde herangezogen, um diese Verallgemeinerung zu stützen.

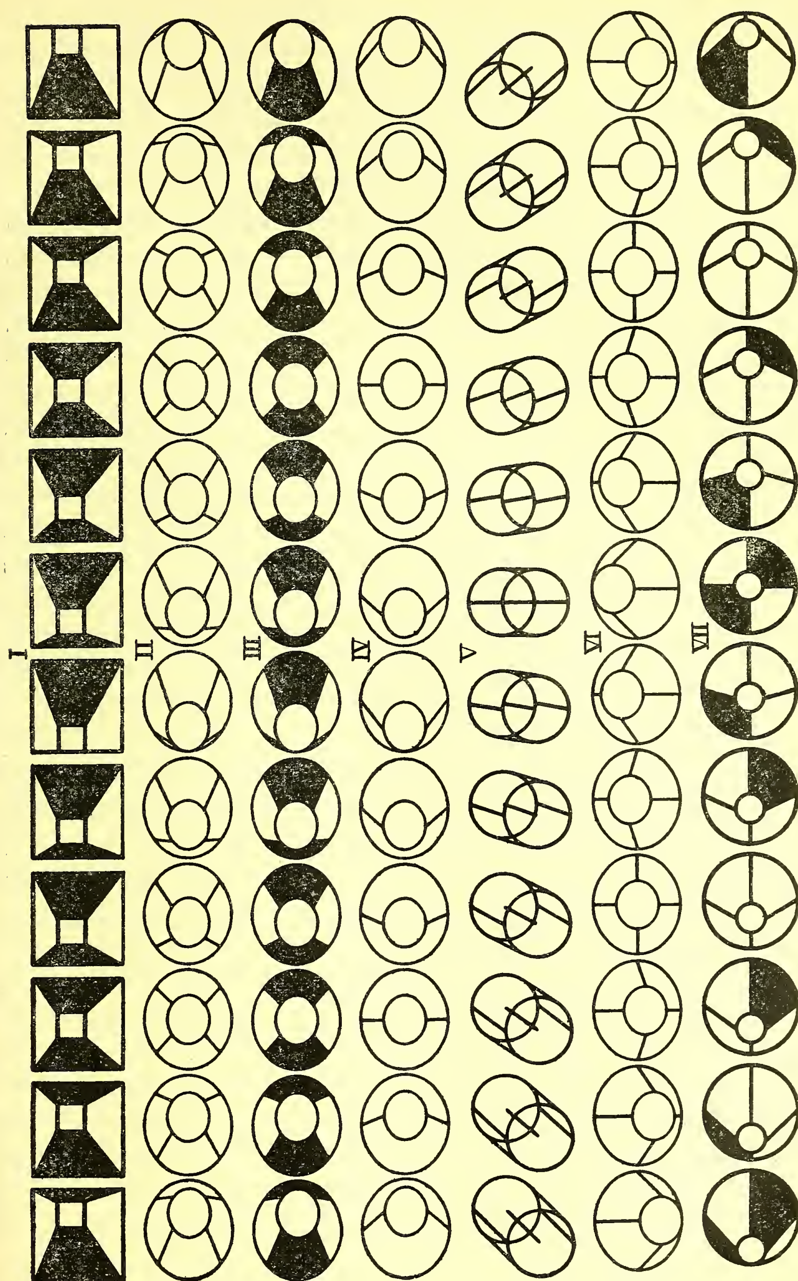
Da die monokulare Stereoskopie beim Augenspiegeln eine grofse Übung in dem Gebrauch des Augenspiegels voraussetzt, beschreibe ich zuerst, wie das Stroboskop zur Demonstration der gleichen Erscheinung benutzt werden kann.

Ich gebrauche das Stroboskop in der Form eines Zylinders, von HORNER Daedalium genannt. Der Diameter des Zylinders beträgt 23 cm.[1] Es finden sich in der Wandung in gleichen

[1] Im Verlage F. VON ROSSEN, Amsterdam, ist meine Serie Streifen mit stereoskopischen Bildern, nebst zugehörigem Stroboskope zu haben.

Abständen zwölf vertikale Spalten. Auf der Innenfläche des Zylinders werden Kartonstreifen aufgestellt mit zwölf Figuren, ebenfalls in gleichen Abständen. Der Beobachter, der mit einem Auge durch die Spalten des sich drehenden Zylinders blickt, nimmt schnell hintereinander die zwölf Figuren wahr und vereinigt sie, falls die Ähnlichkeit der Figuren dazu Gelegenheit gibt zu einer Vorstellung. Die Linien, welche alle Figuren gemeinschaftlich haben, machen den ruhenden Teil des vorgestellten Gegenstandes aus; diejenigen, welche in der nachfolgenden Zeichnung jedesmal eine kleine Verschiebung erleiden, bilden zusammen den bewegten Teil. Ich habe die letztgenannten Linien so gezeichnet, dafs sie die Vorstellung eines in drei Dimensionen ausgebreiteten Körpers bilden helfen. Die Figuren sind Stereoskopfiguren. Man kann je zwei angrenzende binokular stereoskopisch vereinigen. Nimmt man den ganzen Streifen mit zwölf Figuren heraus und sieht die Figuren mit geeigneter Konvergenz oder Divergenz an, so nimmt man elf dreidimensionelle Figuren wahr, da je zwei angrenzende verschmelzen; dann werden die Bilder simultan binokular gesehen. Stellt man den Streifen in das Stroboskop zurück und betrachtet die Bilder durch die Spalten des sich schnell drehenden Zylinders, so sieht man die Stereoskopbilder sukzessiv monokular, das eine nach dem anderen, und es bildet sich eine ebenso vollkommene stereoskopische Vorstellung.

Die sieben Streifen, welche ich für das Stroboskop gezeichnet habe, erfordern nur ein paar erklärende Worte. Die horizontalen Linien werden verkürzt gesehen durch die vom Beobachter nicht realisierte Verschiebung der Bilder. Ein Quadrat wird deshalb zum Rechteck (Streifen I), eine Ellipse zum Kreise (Streifen II bis IV, VI). Die zusammengedrückten horizontalen Linien werden auch schärfer als die schnell vorüberziehenden vertikalen und schiefen. Um dem abzuhelfen, habe ich in einigen Bildern (Streifen I und III) gewisse Flächen geschwärzt. Dann prägen sich die Grenzlinien schärfer aus. Jedoch wird dadurch die perspektivische Vorstellung unterstützt. Da aber gerade diejenigen Bilder am beweisendsten sind, die aufserhalb des Stroboskopes nicht leicht stereoskopisch aufgefafst werden, so sind die nicht geschwärzten Bilder im allgemeinen vorzuziehen. Die schiefen Linien bewirken die Tiefenvorstellung. So wäre z. B. die Figur des Streifens IV nicht vertieft, wenn nicht die zwei schiefen Linien da wären. Der Beobachter mufs jedenfalls an-



nehmen, daſs die kleine Ellipse sich im Rahmen der groſsen Ellipse hin und her bewegt. Obendrein hat er gewissermaſsen

die Wahl anzunehmen, dafs die schiefen Stäbe kürzer (länger) werden und sich drehen oder dafs die kleine Ellipse sich in einer entfernteren oder näheren Ebene befindet. Die Alternative ist also Doppelsehen oder Einfachsehen. Letzteres wird durchweg vorgezogen. Es ist eigentümlich, dafs vertikale Linien ohne Einflufs sind. Sie bleiben in der Figur des Streifens VI in der Ebene der grofsen Ellipse, obgleich die kleine Ellipse, mit welcher die vertikalen Stäbe zusammenhängen, doch schon durch die schiefen Stäbe emporgehoben wird. Der Streifen VII gibt die Demonstration des stereoskopischen Glanzes und zwar in jenem Quadranten, wo die geschwärzten und weifsen Flächen in den sukzessiven Bildern alternieren. Der Eindruck des Glanzes entsteht, wenn wir an der nämlichen Stelle einer Oberfläche zugleich die natürliche Farbe und die weifse Farbe des Reflexes sehen oder zu sehen meinen. Die Unechtheit der weifsen Farbe erkennen wir daran, dafs die weifse Fläche sich gleichzeitig mit unserem Kopfe bewegt. Durch die Bewegung oder mittels des zweiten Auges bei binokularer Betrachtung erkennen wir die von dem Reflexe überdeckte echte Farbe. Wenn uns das Stroboskop oder das binokulare Stereoskop zugleich weifs und schwarz sehen läfst, entsteht in Übereinstimmung mit früheren Erfahrungen die Vortäuschung des Glanzes.

Reimar[1] hat vor drei Jahren eine Arbeit über die Parallaxe beim Augenspiegeln geschrieben, welche als zweiten Titel führt: „das monokulare körperliche Sehen". Hier wird der plastische, körperliche Eindruck, welcher beim Augenspiegeln gewonnen werden kann, beschrieben. In dieser Arbeit ist die Rede von dem „überraschend deutlich körperlichen Eindruck", welcher beim Betrachten eines gewissen Fundus oculi erhalten würde. In diesem Falle von Arteriitis war „der Wechsel in der Beleuchtung", d. h. die Wanderung des Gefäfsreflexes mit dem Kopfe des Untersuchers, das veranlassende Moment zum körperlichen Sehen. Auch nach meiner Erfahrung trägt der Gefäfsreflex und noch stärker der wandernde Gefäfsreflex dazu bei, um in glücklichen Fällen die sonst scheinbar flachen Gefäfsbänder als Zylinder erscheinen zu lassen. Doch ist diese Art

[1] Reimar, Über parallaktische und perspektivische Verschiebung zur Erkennung von Niveaudifferenzen, bzw. das monokulare körperliche Sehen im Auge. *Archiv f. Augenheilkunde* 41, 1901.

der Erregung einer körperlichen Vorstellung eine andere als die durch Parallaxe, von welcher sonst in dieser Arbeit die Rede ist.

Wenn man bei der Untersuchung einer Sehnervenpapille mit physiologischer Exkavation im aufrechten Bilde mit dem Kopfe kleine vertikale oder transversale Bewegungen macht, so beobachtet man eine so starke Parallaxe, dafs Niveauunterschiede von 0,5 Dioptrie ohne Mühe zu erkennen sind. Es ist mir jetzt sehr geläufig, statt der Parallaxe die Aushöhlung körperlich zu sehen. Doch wird die Erscheinung beeinträchtigt durch die Undeutlichkeit der Gebilde des Augengrundes, für welche man nicht genau eingestellt ist. Nur in dem eingestellten optischen Querschnitt sind die Konturen scharf; alles mehr nach vorn oder rückwärts Gelegene, ist sehr unscharf gezeichnet.

Dieser Gegensatz ist bei der Untersuchung im indirekten Bilde viel weniger ausgeprägt. Dort sieht man im allgemeinen wegen der geringen Vergröfserung mit Hilfe der Parallaxe nicht so feine Niveauunterschiede als im direkten Bilde. Es kommt jedoch der monokularen Stereoskopie sehr zu statten, dafs die Konturen der Gefäfse in den verschiedenen Querschnitten eines ausgehöhlten Sehnerven noch nahezu gleich scharf sind. Bekanntlich braucht man beim indirekten Bilde zur Erzeugung der Parallaxe nicht den Kopf zu bewegen. Es genügt, die Konvexlinse, welche vor das untersuchte Auge gehalten wird, hin und her zu bewegen. Die dadurch entstehende Parallaxe ist desto gröfser, je stärker die Vergröfserung des Bildes ist. Wenn man $+13\,D$ benutzt, ist sie auch für den wenig Geübten ausreichend stark, mit $+10\,D$ für den Anfänger schon verblüffend. Bei fortschreitender Übung sieht man nicht nur mit schwächerer Vergröfserung, also stärkeren Linsen ($+17\,D$, $+20\,D$) die Parallaxe, sondern es entwickelt sich auch die stereoskopische Vorstellung, welche die höchste Leistung der so angewandten Untersuchungsmethode ist. Diese stereoskopische Vorstellung gibt nicht nur im groben den Niveauunterschied wieder, man sieht vielmehr genau die Neigung der Seitenwände der Exkavation und jede Änderung, welche diese Neigung in ihrem Verlaufe erfährt. Der Augenhintergrund, welcher doch sogar bei täglicher Ausübung der Ophthalmoskopie etwas Unwirkliches, Bildhaftes behält, wird lebendig, echt, wenn die dritte Dimension hinzukommt.

Eigentümlich und wichtig ist, dafs, wenn einmal die Vorstellung des Körperlichen entstanden ist, die Parallaxe nicht mehr

als Verschiebung wahrgenommen wird. Die Verschiebung wird bei der psychischen Verwertung der Erscheinung übersetzt in Niveaudifferenz. Das Nämliche geschieht bei der naiven Beobachtung im täglichen Leben. Das Unbeachtetbleiben der Parallaxe beruht, meine ich, darauf, dafs die Erscheinung sofort zur Konstruktion des Raumes benutzt wird, sowie in einer perspektivischen Zeichnung die schiefen Ecken der Fensterbilder sofort als schief gestellte rechtwinklige Ecken verwertet werden, sowie auch der Reflexstreifen auf einem Leitungsrohr nicht als solcher gesehen, sondern zum Aufbau der Zylinderform benutzt wird.

Bei der Bewegung der Linse entsteht im Bilde zunächst eine Bewegung der einzelnen in verschiedenen Ebenen gelegenen Teile unter sich. Diese Bewegung ist synchronisch mit der Bewegung der Linse und verrät dadurch ihren Charakter einer Scheinbewegung. Der Beobachter sieht eine Reihe von allmählich ineinander übergehenden Bildern. Ein Teil der Striche dieses Bildes bleibt sich immer gleich; das sind diejenigen, welche in der als fest gedachten Ebene liegen. Alle Punkte, die vor oder hinter dieser Ebene liegen, machen Scheinbewegungen um so ausgiebiger, je weiter sie von der festen Ebene entfernt sind. Ziehen wir nur die extremen Stellungen einer Oszillation der Linse in Betracht, dann bekommen wir von jedem aufserhalb der festen Ebene gelegenen Punkte zwei Bilder, die als sukzessive Doppelbilder bezeichnet werden können. In dieser Nomenklatur wiederholt, lehrt ein oben ausgesprochener Satz, dafs beim monokularen Sehen sukzessive Doppelbilder als ein einziger mehr entfernter oder angenäherter Punkt interpretiert werden. Die Absicht dieser Formulierung ist darzutun, dafs bei der binokularen Stereoskopie etwas ganz Ähnliches geschieht. Da haben wir es mit gleichzeitig bestehenden Doppelbildern zu tun, die zur Beobachtung kommen, sobald man die Sache physiologisch untersucht, die im täglichen Leben aber nicht wahrgenommen werden. Auch hier hat man eine physiologische und eine psychische Phase zu unterscheiden. Physiologisch gibt es Doppelbilder. Die Psyche aber übersetzt die Parallaxe in Niveaudifferenz und indem sie jedes Punktpaar zu einem an den richtigen Ort verlegten Punkt vereinigt, macht sie das Doppeltsehen zum körperlichen Sehen. Diese Erscheinung ist den Physiologen sehr schwer erklärlich vorgekommen. Sie bildet den schwächsten Teil sowohl der „empiristischen“ Theorie, die keine Doppelbilder brauchen kann,

als der „nativistischen“ Theorie, welche die Verschmelzung der disparaten Bilder umschreibt, aber nicht erklärt. Sie wird verständlich, wenn man die analoge Erscheinung bei der monokularen Stereoskopie heranzieht. Für die Erklärung der binokularen Stereoskopie hat man am liebsten physiologische Erklärungen gesucht und der Psyche so wenig als möglich „unbewufste Schlüsse“ zugemutet. Bei der monokularen Stereoskopie fällt diese Scheu weg. Dort liegen die Doppelbilder und disparaten Punkte auf einer Netzhaut und man kann nicht daran denken, dafs die Vereinigung dieser disparaten Punkte durch anatomische Verschmelzung oder Kreuzung von Richtungslinien zustande kommt. Hier fällt es also leicht, das Arbitrium der Psyche über die Auslegung der Netzhautbilder einzugestehen. Was aber für die monokulare Stereoskopie zugegeben wird, darf auch für die binokulare Stereoskopie gelten.

(Eingegangen am 20. Juli 1904.)

Druck von Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a. S.